

(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESES (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

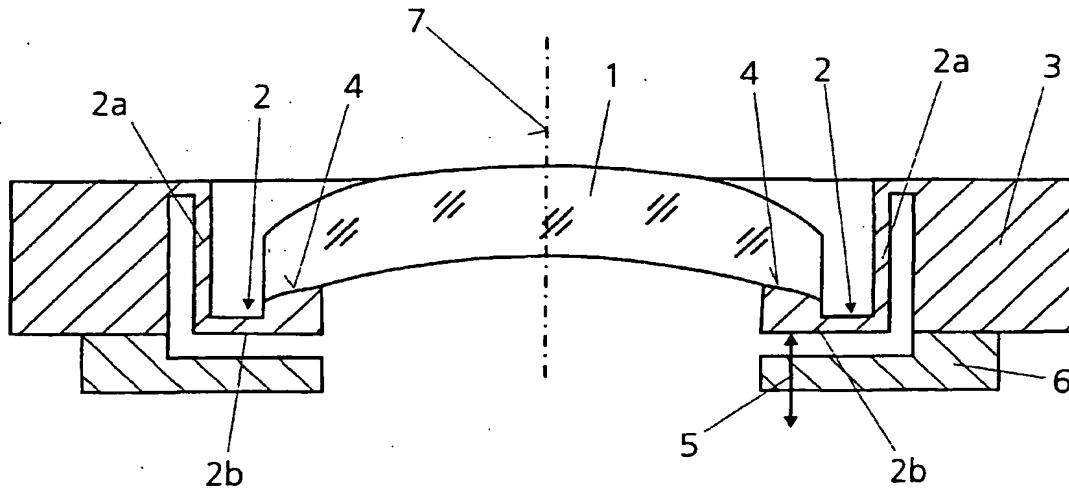
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/016976 A2**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G02B 7/00**
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/I: P02/08758**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
6. August 2002 (06.08.2002)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
101 40 608.8 18. August 2001 (18.08.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CARL ZEISS SEMICONDUCTOR MANUFACTURING TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; Carl-Zeiss-Strasse 22, 73447 Oberkochen (DE).**
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECK, Klaus [DE/DE]; Heckenrosenweg 17, 73447 Oberkochen (DE). GELLRICH, Bernhard [DE/DE]; Schnaitbergstrasse 3, 73434 Aalen (DE). HOLDERER, Hubert [DE/DE]; Graefinstrasse 6, 89551 Königsbronn (DE). PETASCH, Thomas [DE/DE]; Hegelstrasse 111/2, 73431 Aalen (DE). ROESCH, Cornelia [DE/DE]; Heerweg 42, 73457 Essingen (DE). KOHL, Alexander [DE/DE]; Zeppelinstrasse 1, 73430 Aalen (DE).**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR ADJUSTING AN OPTICAL ELEMENT

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR JUSTAGE EINES OPTISCHEN ELEMENTS



**WO 03/016976 A2**

(57) Abstract: The invention relates to a device for adjusting an optical element (1), especially a lens in an optical system, especially in a projection objective for semiconductor lithography. The optical element (1) is positioned in a mount (3) by means of a plurality of bearing feet (2) which are distributed around the circumference of the optical element (1) and can be deformed by means of adjustment devices (5) in a targeted manner. The adjustment devices (5) are applied to at least part of the bearing feet (2) in a region of the bearing foot (2), in such a way that the respective bearing foot (2) can be displaced in the direction of the optical axis (7).

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung dient zur Justage eines optischen Elements (1), insbesondere einer Linse in einem optischen System, insbesondere in einem Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie. Das optische Element (1) ist über mehrere über den Umfang des optischen Elements (1) verteilte Auflagefüßchen (2) in einer Fassung (3) gelagert und durch Stelleinrichtungen (5) gezielt deformierbar. An wenigstens einem Teil der Auflagefüßchen (2) greifen in einem Bereich des Auflagefüßchens (2) die Stelleinrichtungen (5) in der Art an, dass das jeweilige Auflagefüßchen (2) in Richtung der optischen Achse (7) verschiebbar ist.



(74) **Anwalt:** LORENZ, Werner; Alte Ulmer Strasse 2, 89522 Heidenheim (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** JP, US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i) für die folgenden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten JP, europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR)*

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, die Priorität einer früheren Anmeldung zu beanspruchen (Regel 4.17 Ziffer iii) für alle Bestimmungsstaaten*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

**Veröffentlicht:**

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Vorrichtung zur Justage eines optischen Elements

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Justage eines optischen Elements nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.

Aus der EP 1 014 139 A2 ist ein optisches System für vergleichbare Einsatzzwecke bekannt, bei dem ein optisches Element, insbesondere eine Linse, auf einer Vielzahl von gleichmäßig über den Umfang eines Innenringes bzw. einer Fassung verteilt angeordneten winkel förmigen Auflagefußchen gelagert ist. Durch diese Auflagefußchen wird zum einen eine präzise Lagerung und zum anderen eine entsprechende Elastizität zur Einbringung von Deformationen auf die Linse als optisches Element geschaffen. Die Deformationen werden dabei auf einen mit allen Auflagefußchen verbundenen Innenring einer Fassung aufgebracht und übertragen sich durch die Auflagefußchen auf den Bereich des optischen Elements.

Nachteilig bei dieser Anordnung ist jedoch, daß die gezielte Deformation des optischen Elements dadurch erschwert wird, daß die jeweils ungenügend vorausplanbaren Verformungen des Innenrings die Deformationen beeinflussen, welche auf die Linse übertragen werden sollen. Die Deformationen des Innenrings werden über eine gewisse Anzahl der vorhandenen Auflagefußchen auf das optische Element weitergegeben. Um das optische Element gezielt zu verformen müßte exakt bekannt sein, wie der Innenring auf die jeweiligen Verformungen reagiert, und wie diese, aus dem Bereich des Innenringes von welchen der Auflagefußchen, auf das optische Element übertragen werden.

Da diese Effekte jedoch nicht mit der erforderlichen Genauigkeit zu berechnen und nicht reproduzierbar zu wiederholen sind, stellt dies bei einem derartigen Aufbau einen Nachteil

dar, da die gezielte punktuelle Weitergabe von Deformationen an das optische Element durch den Aufbau in nicht reproduzierbarer Weise beeinträchtigt wird.

- 5 Es ist daher die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur passiven und aktiven Justage eines optischen Elements zu schaffen, welches neben der erforderlichen präzisen Lagerung und der gleichzeitig gewünschten Elastizität der Lagerung auch das gezielte Einbringen von Deformationen in
- 10 den Bereich des optischen Elements erlaubt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 genannten Merkmale gelöst.

- 15 Dadurch, daß die Stelleinrichtungen in dem Bereich des jeweiligen Auflagefußchens in der Art angreifen, daß sie das Auflagefußchen selbst verschieben und damit das optische Element deformieren kann ein sehr gezieltes Einbringen der gewünschten Deformationen in das optische Element erreicht werden,
- 20 ohne daß die häufig nicht reproduzierbaren Effekte, welche beispielsweise bei der Deformation eines Innenrings der Fassung auftreten könnten, auf diesen Vorgang einwirken.

- So ist es in besonders vorteilhafter Weise möglich, über das
- 25 Einbringen der Kräfte in die Auflagefußchen eine Deformation des optischen Elements über eine Kraft zu erreichen, ohne seine Lage dabei zu verändern. Dies wird möglich durch das exakt punktgenaue Angreifen im Bereich der Auflagefußchen, so daß Deformation und Manipulation kontrollierbar zueinander
  - 30 einjustiert bzw. eingeregelt werden können.

- In einer besonders günstigen Weiterbildung der Erfindung ist dabei die Anzahl der Auflagefußchen gegenüber dem Stand der Technik deutlich verringert, da nun die Deformationen über
- 35 die Auflagefußchen selbst in das optische Element eingebracht werden, und somit auf eine gleichmäßige Anbindung des opti-

- schen Elements an einen die Deformation übertragenden Innenring einer Fassung verzichtet werden kann. Damit wird die Anzahl der Auflagefußchen (beispielsweise 8, 12 oder 16), welche in ihrer Herstellung und Justage vergleichsweise aufwendig sind, deutlich verringert und die Auflage der Linse, auf insgesamt weniger Auflagefußchen, wird hinsichtlich der Möglichkeit der aktiven, semi-aktiven und passiven Justage verbessert.
- 10 Außerdem kann die Vorrichtung so ausgebildet sein, daß in einer besonders günstigen Weiterbildung dieser Idee nur einige der Auflagefußchen, beispielsweise jedes zweite, oder in einem entsprechenden Winkel zueinander angeordnete Auflagefußchen, beispielsweise alle  $90^\circ$ , als manipulierbares Auflagefußchen ausgebildet sind. Damit kann der Aufwand hinsichtlich der Stelleinrichtungen nochmals verringert werden, wobei durch die gezielte Einleitung der Deformation durch das jeweilige Auflagefußchen selbst die Möglichkeit zur Deformation des optischen Elements gegenüber dem Stand der Technik dennoch verbessert wird, da eine gezieltere Krafteinleitung stattfindet.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen und den Ausführungsbeispielen, welche nachfolgend anhand der Zeichnung erläutert werden.

Es zeigt:

30 Figur 1 eine prinzipielle Darstellung eines Aufbaus gemäß der Erfindung mit einer prinzipiell angedeuteten Stelleinrichtung;

Figur 2 eine mögliche Ausführungsform einer Stelleinrichtung in einem Aufbau gemäß Figur 1;

Figur 3 eine alternative Ausführungsform einer Stelleinrichtung in einem Aufbau gemäß Figur 1;

5 Figur 4 eine alternative Möglichkeit der Ausgestaltung eines Auflagefüßchens;

10 Figur 5 eine weitere alternative Ausführungsform der Ausgestaltung eines Auflagefüßchens;

Figur 6 eine vergrößerte Darstellung des Bereichs VI aus Figur 5;

15 Figur 7 eine prinzipielle Darstellung einer möglichen Anordnung manipulierbarer Auflagefüßchen und feststehender Auflagefüßchen;

20 Figur 8 eine alternative Möglichkeit zur Anordnung manipulierbarer Auflagefüßchen und feststehender Auflagefüßchen; und

25 Figur 9 eine weitere alternative Möglichkeit zur Anordnung manipulierbarer Auflagefüßchen und feststehender Auflagefüßchen.

30 Figur 1 zeigt ein optisches Element 1, hier eine Linse, welche über Auflagefüßchen 2 in einer Fassung 3 gelagert ist. Die Auflagefüßchen 2 sind in etwa L-förmig ausgebildet und an ihrem einen Schenkel 2a mit der Fassung 3 verbunden. Am freien Ende ihres anderen Schenkels 2b weisen sie eine Auflagefläche 4 für das optische Element 1 auf.

Die Auflagefüßchen 2 sind in einer vergleichsweise kleinen Wandstärke ausgeführt, so daß sie in sich eine gewisse Elas-

tizität aufweisen, welche eine möglichst ideale und vorerst deformationsfreie Lagerung des optischen Elements 1 in der Fassung 3, wobei das hier als Fassung 3 bezeichnete Bauteil auch lediglich einen gegenüber einem Außenring manipulierbaren Innenring einer Fassung darstellen kann, ermöglicht.

Das so vorerst deformationsfrei gelagerte optische Element 1 soll nun entsprechend den Anforderungen des optischen Systems, insbesondere eines Objektivs für die Halbleiterlithographie, welches in seiner Gesamtheit nicht dargestellt ist, deformiert werden. Beispielsweise kann es sinnvoll sein, auf das optische Element 1 einen Astigmatismus aufzuprägen. Dazu sind zumindest bei einem Teil der Auflagefüßchen 2 Stelleinrichtungen 5 vorgesehen, welche hier durch einen Pfeil prinzipiell angedeutet sind.

Die Stelleinrichtung 5 ist im Bereich eines Halteelements 6, welches mit der Fassung 3 fest verbunden ist, angeordnet und wirkt so auf den die Auflagefläche 4 aufweisenden Schenkel 2b des Auflagefüßchens 2.

Der die Stelleinrichtung 5 symbolisierende Pfeil zeigt dabei in beide Richtungen, wobei im allgemeinen sicherlich je nach Typ der Stelleinrichtung 5 eine Richtung für die Kraftwirkung ausreicht, da die andere Kraftrichtung durch die von dem optischen Element 1 ausgehende Schwerkraft realisiert ist.

Wenn nun alle oder zumindest ein Teil der Auflagefüßchen 2 mit einer derartigen Stelleinrichtung 5 versehen sind, so lässt sich das optische Element 1 in diesem Bereich durch die jeweilige Stelleinrichtung 5 in Richtung der optischen Achse 7, was in der Optik im allgemeinen als z-Richtung bezeichnet wird, manipulieren bzw. deformieren.

Grundlegend wäre es hier sicherlich wünschenswert, durch eine entsprechende Beaufschlagung der einzelnen Auflagefüßchen 2

mit den entsprechenden Kräften eine ausschließliche Deformation des optischen Elements 1 zu erreichen, ohne daß das optische Element 1 dabei in seiner Lage hinsichtlich der optischen Achse 7 verändert, also manipuliert, wird. Durch die

- 5 Möglichkeit, die jeweiligen Auflagefüßchen 2 mit der jeweiligen Stelleinrichtung 5 zu versehen und dabei praktisch in jedem Bereich des optischen Elements 1 eine entsprechende Kraftrichtung einleiten zu können, läßt sich eine derartige sinnvolle Deformation des optischen Elements 1 erreichen.

10

Figur 2 zeigt nun ein konkretes Ausführungsbeispiel für eine der Stelleinrichtungen 5, wie sie oben bereits grundlegend erwähnt wurde.

- 15 Die Stelleinrichtung 5 ist dabei als pneumatischer oder hydraulischer Aktuator 5a ausgeführt, wird also über einen Druck  $p$  betätigt. Als Rückstellkraft wirkt auch hier wieder die von dem optischen Element 1 ausgehende Gewichtskraft.

- 20 Über eine Veränderung des Drucks  $p$ , welcher über eine Zuleitung 8 in dem Halteelement 6 zu einem zwischen dem Halteelement 6 und dem einen Schenkel 2b des Auflagefüßchens 2 angeordneten Faltenbalg 9 geleitet wird, erfolgt das Einbringen der Kraft in das optische Element 1. Je nach eingeleitetem  
25 Druck  $p$  wird sich eine entsprechende Manipulation des jeweiligen Auflagefüßchens 2 mit dem Aktuator 5a ergeben, welche dann wiederum eine Deformation des optischen Elements 1 in genau dem Bereich, in dem das Auflagefüßchen 2 angeordnet ist, bewirkt.

30

Figur 3 zeigt eine weitere Möglichkeit die Stelleinrichtung 5 auszuführen.

- Die Stelleinrichtung 5 besteht in dem in Figur 3 dargestellten Ausführungsbeispiel aus einer Stellschraube 10, welche über ein Federelement 11 auf den Schenkel 2b des Auflagefüß-

chens 2 wirkt. Auch hier wird die Rückstellkraft, gegen die Kraft der Feder, wiederum durch die Gewichtskraft des optischen Elements 1 aufgebracht.

- 5 Grundlegend wäre es dabei möglich, die Stelleinrichtung 5 in dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel lediglich als Justageelement auszuführen, also die Stellschraube 10 zur passiven Justage zu nutzen. Alternativ dazu wäre es selbstverständlich auch hier möglich, die Stellschraube 10 mit einem  
10 entsprechenden, beispielsweise motorischen Antrieb zu versehen, um eine semi-aktive Möglichkeit der Justage während dem Betrieb des optischen Systems zu ermöglichen.

Figur 4 zeigt nun eine andere Ausführungsform des Auflagefußchens 2. Das Auflagefußchen 2 ist hier einstückig mit der Fassung 3 ausgebildet, was grundlegend auch bei den oben bereits erwähnten Ausführungsbeispielen möglich, dort jedoch nicht notwendig, ist.

- 20 Das Auflagefußchen 2 besteht hier aus einem Hebelement 2c, welches über zwei Festkörpergelenke 12 auf der einen Seite mit der Fassung 3 und auf der anderen Seite mit einem die Auflagefläche 4 tragenden Teil 2d des Auflagefußchens 2 verbunden ist.

25 Da die Festkörpergelenke 12 um die Breite des Hebelements 2c voneinander beabstandet sind, ergibt sich die Möglichkeit, bei einer Auslenkung des Hebelements 2c in einer Richtung senkrecht zur optischen Achse 7 eine Verschiebung des Teils 30 2d und damit der Auflagefläche 4 in Richtung der optischen Achse 7 zu realisieren.

In dem in Figur 4 dargestellten Ausführungsbeispiel wird dies durch eine Stellschraube 10 als Stelleinrichtung 5 erreicht,  
35 welche auf der den Festkörpergelenken 12 abgewandten Seite des Hebelements 2c angreift. Über die Stellschraube 10 kann

eine Bewegung des Hebelements 2c erreicht werden. Diese Bewegung des Hebelements 2c überträgt sich durch die Anbindung des Hebelements 2c mittels den Festkörpergelenken 12 dabei kontrolliert auf das die Auflagefläche 4 tragende Teil 5 2d der Auflagefüßchen 2, welches damit die Einleitung einer Kraft in das optische Element 1, welche zumindest wenigstens annähernd in Richtung der optischen Achse 7 auf das optische Element 1 verläuft, bewirkt. Die Stellschraube 10 kann dabei selbstverständlich wieder mittels eines Federelements 11 an 10 dem Hebelement 2c angreifen, was hier jedoch nicht dargestellt ist, oder als pneumatischer bzw. hydraulischer Aktuator ausgebildet sein.

Grundlegend wäre es selbstverständlich auch denkbar und sinnvoll, sämtliche Stelleinrichtungen 5 der bisher dargestellten und später noch beschriebenen Ausführungsbeispiele in anderer Form, beispielsweise über Piezoelemente oder Piezostacks, auszuführen.

Wie bei dem vorher in Figur 3 beschriebenen Ausführungsbeispiel ist es auch hier möglich, daß die Stellschraube 10 wiederum über einen motorischen Antrieb oder dergleichen betätigt wird, so daß neben einer reinen passiven Justage auch ein semi-aktives Nachjustieren von Setzeffekten während der Betriebsdauer und gegebenenfalls auch eine aktive Regelung der Deformation des optischen Elements 1 während des eigentlichen Betriebs erfolgen kann.

Wie auch bereits bei den oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wirkt hier die Gewichtskraft des optischen Elements 1 als Rückstellkraft, so daß durch die Gewichtskraft sichergestellt ist, daß das Hebelement 2c immer gegen seine Stelleinrichtung 5 gedrückt wird, so daß eine unmittelbare Manipulation des Hebelements 2c möglich ist.

35

Figur 5 zeigt nun eine weitere Ausführungsform des Auflage-

füßchens 2, welche grundlegend dem in Figur 4 eben beschriebenen Aufbau mit dem Hebelement 2c entspricht. Das Auflagefüßchen 2 ist dabei jedoch U-förmig ausgebildet, wobei ein Schenkel 2e des U-förmigen Auflagefüßchens 2 mit der Fassung 5 3 verbunden ist. Diese Verbindung kann entweder wieder als einstückige Ausführung des Auflagefüßchens 2 mit der Fassung 3 realisiert werden oder es ist auch denkbar, daß das Auflagefüßchen 2, wie hier dargestellt, über entsprechende Verbindungstechniken, wie Schweißen, Kleben, Schrauben oder der- 10 gleichen, mit der Fassung 3 verbunden wird.

Der andere Schenkel 2f des U-förmig ausgebildeten Auflagefüßchens 2 trägt auf seiner einem Bodenelement 2e abgewandten Seite das mit 2d bezeichnete Teil des Auflagefüßchens 2, welches 15 über die Auflagefläche 4 mit dem optischen Element 1 verbunden ist. Um für den nachfolgend noch eingehend erläuterten Betrieb eine definierte Bewegung des Teils 2d des Auflagefüßchens 2 zu schaffen, ist zwischen dem Teil 2d und dem Schenkel 2f des Auflagefüßchens 2 das wenigstens eine Fest- 20 körpergelenk 12 angeordnet.

Über eine Stellschraube 10, welche zusammen mit einem hier prinzipiell angedeuteten motorischen Antrieb 13 die Stelleinrichtung 5 bildet, prinzipiell jedoch auch als an sich bekannter Aktuator 5a ausgebildet sein könnte, ist der Bereich 25 des Bodens 2g des Auflagefüßchens 2 in einer Richtung wenigstens annähernd senkrecht zur optischen Achse 7 verschiebbar. Durch den Aufbau des Auflagefüßchens 2 in seiner U-förmigen Ausführung, welche auch als geschlitzter Hebel gesehen werden 30 kann, kommt es nun zu einer Manipulation des Teils 2d des Auflagefüßchens 2 entgegen der Gewichtskraft des optischen Elements 1.

Die Möglichkeiten, welche sich aus dieser Manipulation ergeben, sind dieselben wie die oben bereits beschriebenen.

Der in Figur 5 beschriebene Aufbau zeigt dabei jedoch die Möglichkeit, daß er durch seine Ausführung eine ideale Möglichkeit zum Einbringen einer Übersetzung- bzw. Untersetzungsbewegung des Aktuators 5 auf die Bewegung der Auflagefläche 4 ermöglicht. Gleichzeitig entsteht ein vergleichsweise weicher Aufbau, welcher ohne daß die Stelleinrichtung 5 betrieben wird, eine wenigstens annähernd deformationsfreie Lagerung des optischen Elements 1 in ihrer Ausgangsstellung ermöglicht.

10

Um nun ein Verschieben des optischen Elements 1 in seiner Ebene senkrecht zur optischen Achse 7 zu vermeiden, verfügt das in Figur 5 dargestellte Auflagefußchen 2 außerdem über ein Stabilisierungselement 14, welches in der Art einer Membran oder dergleichen ausgebildet ist, so daß es die Bewegung des Auflagefußchens 2 bzw. der Auflagefläche 4 in Richtung der optischen Achse 7 praktisch nicht beeinträchtigt, eine Bewegung in der Ebene senkrecht dazu jedoch wirkungsvoll unterbindet.

15

Das Stabilisierungselement 14 ist in Figur 6 nochmals detailliert dargestellt. Die Dicke des Stabilisierungselements 14 ist im Vergleich zu den Dicken der beiden Schenkel 2f, 2e des Auflagefußchens 2 vergleichsweise dünn ausgeführt und das 25 Stabilisierungselement 14 ist über zwei Festkörpergelenke 12 mit den jeweiligen Schenkeln des Auflagefußchens 2 verbunden.

Dadurch wird erreicht, daß eine Bewegung in Richtung der optischen Achse 7 wenigstens annähernd ungehindert stattfinden 30 kann, während eine Auslenkung des optischen Elements 1 in einer Ebene senkrecht zur optischen Achse 7 wirkungsvoll unterbunden wird.

Die Figuren 7, 8 und 9 zeigen verschiedene Möglichkeiten, 35 derartige über eine Stelleinrichtung 5 manipulierbare Auflagefußchen 2 alleine oder zusammen mit festen, als nicht mit

einer Stelleinrichtung 5 versehenen Auflagefußchen anzuordnen.

Dadurch, daß nun nicht mehr, wie beim Stand der Technik, eine auf den Innenring der Fassung aufgebrachte Deformation möglichst gleichmäßig in das optische Element 1 eingeleitet werden muß, sondern dadurch, daß das Auflagefußchen 2 selbst manipulierbar ist, um das optische Element 1 gezielt zu deformieren, sind nun bei weitem weniger Auflagefußchen 2 als beim Stand der Technik erforderlich.

In den hier dargestellten Ausführungsbeispielen sind dabei jeweils sechs der Auflagefußchen 2 dargestellt. Die mit dem Kreuz gekennzeichneten Auflagefußchen sollen dabei die Auflagefußchen 2 sein, welche über die entsprechenden Stelleinrichtungen 5 verfügen und damit die Möglichkeit zur Einleitung einer Deformation durch eine in Richtung der optischen Achse 7 wirkende Kraft in das optische Element 1 ermöglichen.

Der Aufbau gemäß Figur 7 erlaubt dreiwellige Deformationen des optischen Elements 1 aufzubringen, während der Aufbau gemäß Figur 8 die Einleitung eines Astigmatismus in einer Ebene ermöglicht.

Figur 9 zeigt den variabelsten Aufbau, welcher jedoch auch mit dem höchsten Aufwand hinsichtlich der Steuerung der Stelleinrichtungen 5 aufgrund der bei der Herstellung entstehenden Kosten verbunden ist. In diesem Aufbau lassen sich mehrere Deformationen in das optische Element 1 einleiten, welche sich dann in diesem zu den entsprechenden Welligkeiten überlagern.

Selbstverständlich wäre es durchaus denkbar, auch eine weit-aus höhere Anzahl an festen und/oder manipulierbaren Auflagefußchen 2', 2 zu realisieren, wobei beispielsweise mit zwölf oder sechzehn manipulierbaren Auflagefußchen eine Vielzahl

von Welligkeiten in dem optischen Element zu erzeugen wären. Insbesondere ist es jedoch sinnvoll, wenn man astigmatische und dreiwellige Verformungen einleiten kann, was sich beispielsweise in einer Anordnung mit acht oder zwölf Auflagefüßchen ideal realisieren lässt. Höherwellige Fehler sind für die Qualität der zu erzielenden optischen Abbildungsqualität häufig von untergeordneter Bedeutung. Der Aufwand an Kosten und Bauteilen ließe sich aus ökonomischer Sicht nur schwer rechtfertigen.

Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Justage eines optischen Elements, insbesondere einer Linse in einem optischen System, insbesondere in einem Projektionsobjektiv für die Halbleiter-Lithographie, wobei das optische Element über mehrere über den Umfang des optischen Elements verteilt angeordnete Auflagefüßchen in einer Fassung gelagert ist, und wobei das optische Element durch Stelleinrichtungen gezielt deformierbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß an wenigstens einem Teil der Auflagefüßchen (2) in einem Bereich des jeweiligen Auflagefüßchens (2) die Stelleinrichtungen (5) in der Art angreifen, daß das jeweilige Auflagefußchen (2) in Richtung der optischen Achse (7) verschiebbar ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch die Stelleinrichtungen (5) eine Kraft, welche parallel zu der Richtung der optischen Achse (7) verläuft, auf das jeweilige Auflagefüßchen (2) aufbringbar ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Auflagefüßchen (2) L-förmig ausgebildet ist, wobei der eine Schenkel (2a) des Auflagefüßchens (2) an seinem freien Ende mit der Fassung (3) verbunden ist, und wobei im Bereich des freien Endes des anderen Schenkels (2b) eine Auflagefläche (4) für das optische Element (1) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Auflagefüßchen (2), an welchem eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, ein in Richtung parallel zu der optischen Achse (7) verlaufendes Hebelement (2c;2e;2f;2g), eine Auflagefläche (4) für das optische Element (1) und wenigstens einen Gelenkpunkt (12) aufweist, wobei

die Stelleinrichtung (5) im Bereich des Hebelements (2c;2e;2f;2g) in der Art angreift, daß die Auflagefläche (4) in Richtung der optischen Achse (7) verschiebbar ist.

- 5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Auflagefüßchen (2), an welchem eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, zwei als Festkörpergelenke (12) ausgebildete Gelenkpunkte aufweist, welche wenigstens annähernd im Bereich einer Ebene angeordnet sind, in welcher auch der Flächenschwerpunkt der Auflagefläche (4) liegt, wobei das eine Ende des Hebelements (2c) zwischen den beiden Festkörpergelenken (12) angeordnet ist, wobei das eine Festkörpergelenk (12) das Hebelement (2c) mit der Fassung und das andere Festkörpergelenk (12) das Hebelement (2c) mit dem Bereich (2d) der Auflagefläche (4) verbindet, und wobei die Stelleinrichtung (5) an dem den Festkörpergelenken (12) abgewandten Ende des Hebelements (2c) angreift.
- 10 20 6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jedes der Auflagefüßchen (2), an welchem eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, U-förmig ausgebildet ist, wobei der eine Schenkel (2e) des Auflagefüßchens (2) mit der Fassung (2) verbunden ist, und wobei der andere Schenkel (2f) über das wenigstens eine Gelenk (12) mit dem Bereich (2d) der Auflagefläche (4) verbunden ist, und wobei der Aktuator (5) in dem einen Boden (2g) des U-förmigen Auflagefüßchens (2) zugewandten Bereich angreift.
- 25 30 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf der dem Boden (2g) des U-förmigen Auflagefüßchens (2) abgewandten Seite ein Stabilisierungselement (14) zwischen den beiden Schenkeln (2e,2f) des U-förmigen Auflagefüßchens (2) angeordnet ist, welches mit jeweils einem

Festkörpergelenk (12) mit jedem der Schenkel (2e, 2f) verbunden ist, wobei die beiden Festkörpergelenke (12) wenigstens annähernd in einer Ebene angeordnet sind, welche wenigstens annähernd senkrecht zur optischen Achse (7) ausgebildet ist.

- 5        8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Stelleinrichtungen (5) auf die jeweiligen Auflagefüßchen (2) ausgeübte Kraft in Richtung senkrecht zur optischen Achse (7) auf den jeweiligen Bereich des Auflagefüßchens wirkt.
- 10      9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtungen (5) als passiv justierbare Stellmittel (10) ausgebildet sind.
- 15      10. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stellmittel als Stellschraube (10) ausgebildet sind.
- 20      11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Stelleinrichtungen (5) als Aktuatoren ausgebildet sind.
- 25      12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (5a) über Getriebeelemente auf das jeweilige Auflagefüßchen wirken.
- 30      13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Getriebeelement als Stellschraube (10) ausgebildet ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (5a) als elektromotorische Aktuatoren ausgebildet sind.

15. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (5a) als Piezoaktuatoren ausgebildet sind.

5

16. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aktuatoren (5a) als pneumatische oder hydraulische Aktuatoren ausgebildet sind.

10 17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß feststehende Auflagefüßchen (2') und Auflagefüßchen (2), an welchen jeweils eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, abwechselnd angeordnet sind.

15 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß Auflagefüßchen (2'), an welchen eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, jeweils in bestimmten Winkeln um das optische Element (1) angeordnet sind, wobei die weiteren Auflagefüßchen als feste Auflagefüßchen (2') ausgebildet sind.

20

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auflagefüßchen (2), an welchen jeweils eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, in einem Winkel von jeweils  $120^\circ$  zueinander angeordnet sind.

25

20. Vorrichtung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auflagefüßchen (2), an welchen jeweils eine der Stelleinrichtungen (5) angreift, in einem Winkel von jeweils  $90^\circ$  zueinander angeordnet sind.

30

1/2

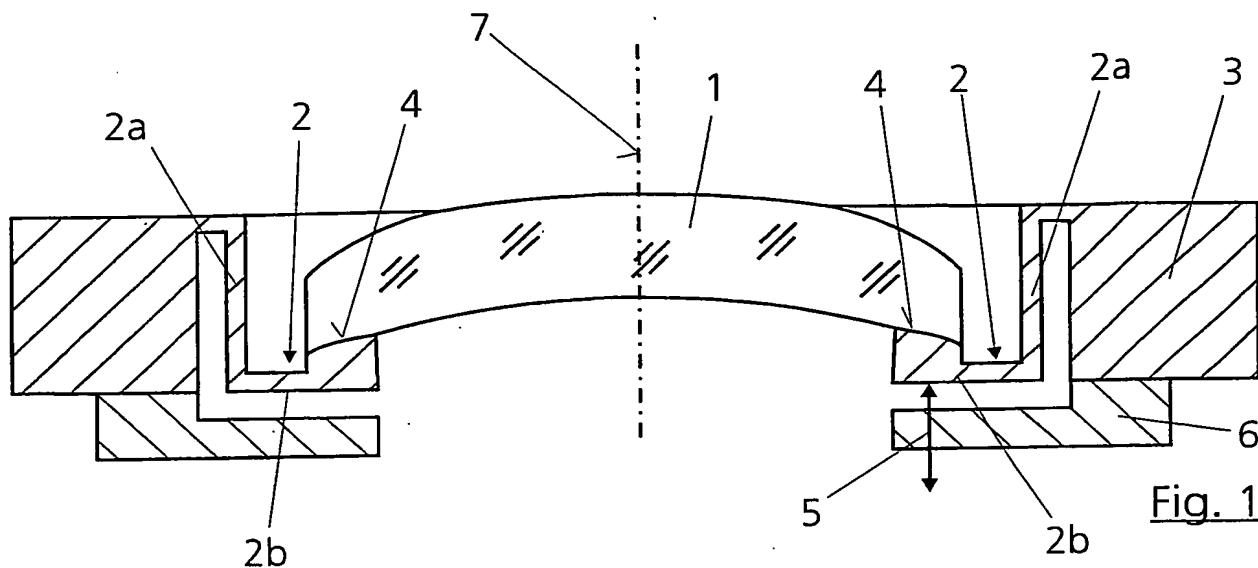


Fig. 1

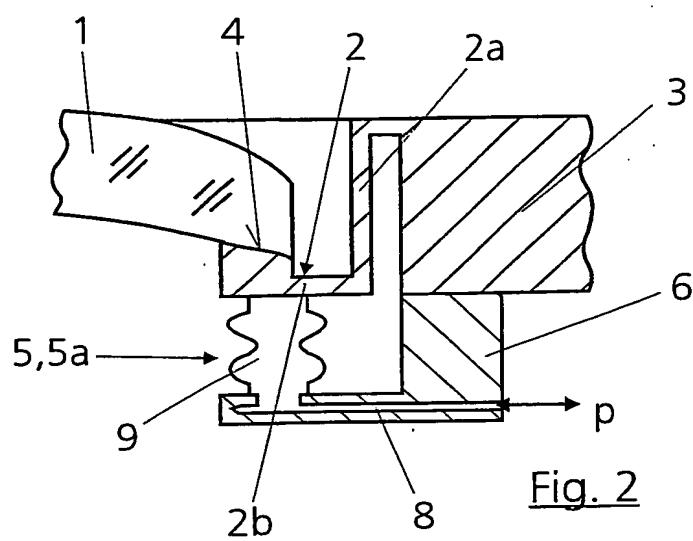


Fig. 2

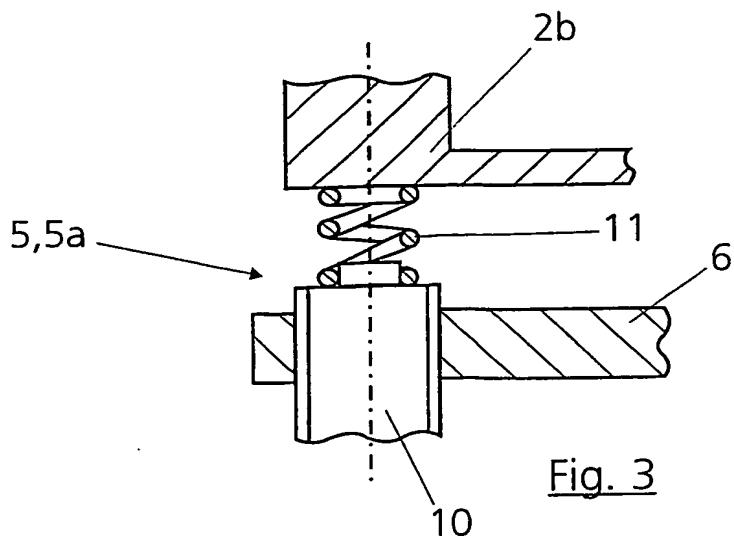


Fig. 3

2/2

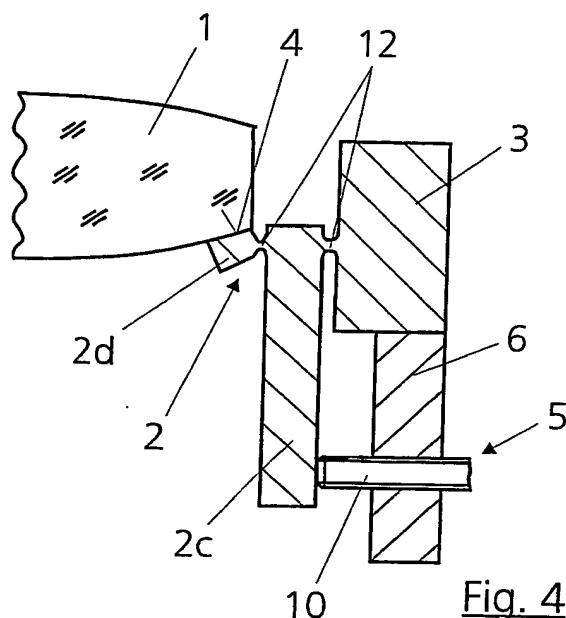


Fig. 4

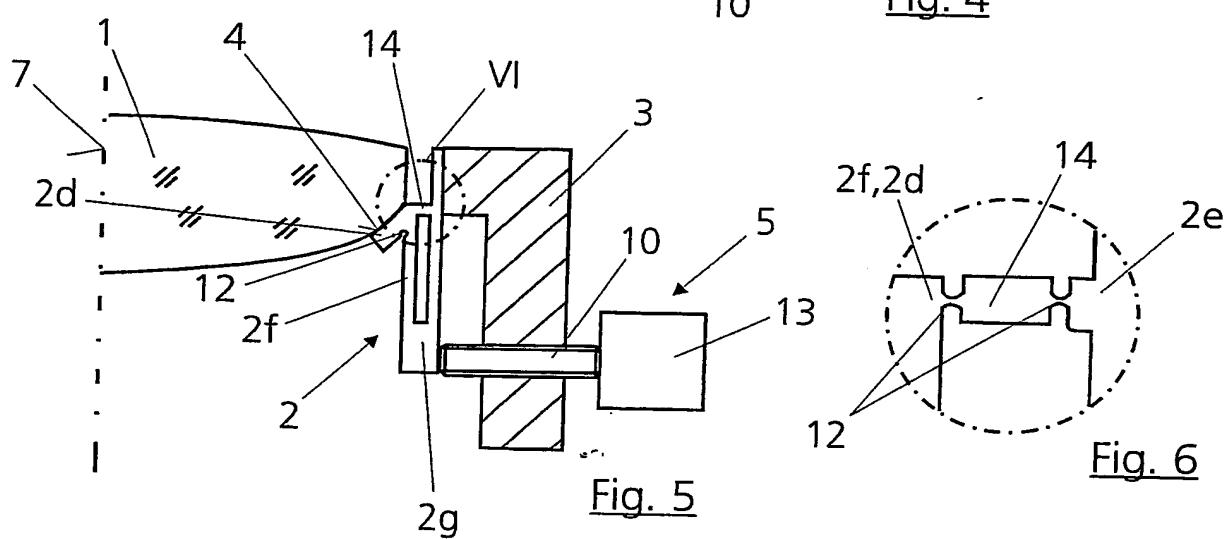


Fig. 5

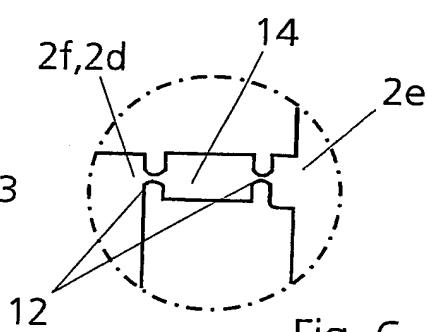


Fig. 6

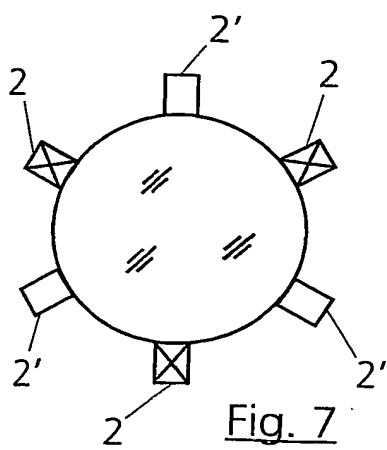


Fig. 7

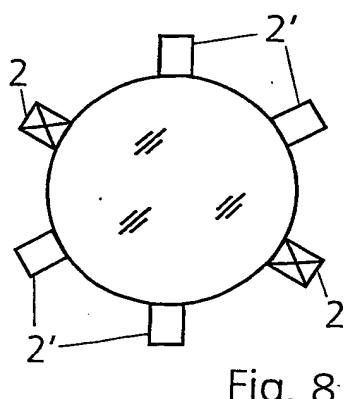


Fig. 8

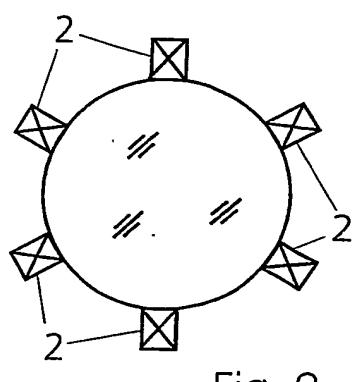


Fig. 9